

ÉCHANTILLONNAGE SÉQUENTIEL POUR L'ESTIMATION DE LA DENSITÉ DES POPULATIONS DE CHENILLES DE LA CAPSULE AVEC UNE PRÉCISION DÉTERMINÉE

par

M. VAISSAYRE *

RÉSUMÉ

L'application du mode séquentiel d'échantillonnage développé par Kuno (1969) est envisagée dans le cas des populations larvaires d'*E. insulana* et d'*H. armigera* en culture cotonnière. Une corrélation étroite entre l'indice d'agrégation et la moyenne permet la construction de plans séquentiels pour la détermination de la densité des populations avec un niveau de précision préétabli.

Dans une précédente note (VAISSAYRE, 1974), nous avions rappelé l'intérêt du mode séquentiel d'échantillonnage dans la perspective d'applications insecticides sur seuil d'intervention préétabli. Une méthodologie récente étend ce mode d'échantillonnage à l'estimation de la densité des populations à niveau de précision déterminé (Iwao, 1968; Iwao et Kuno, 1969). L'application de la méthode n'ayant, à notre connaissance, été entreprise que pour les populations de ravageurs en vergers (Sekita et Yamada, 1973), il nous a paru utile de la confronter à nos propres résultats, relatifs aux populations larvaires d'*Earias insulana* Boisdu et *Heliothis armigera* Hbn., en culture cotonnière.

CONDITIONS D'APPLICATION

Contrairement aux méthodes usuelles de l'échantillonnage séquentiel, la méthode ne nécessite pas le préalable d'une distribution binomiale ou binomiale négative. La seule condition d'application réside dans l'existence d'une corrélation étroite entre variance et moyenne, transcrite par Kuno (1969) sous la forme :

$$s^2 = (a + 1)m + (b - 1)m^2$$

où a et b sont des constantes liées à l'espèce, m la moyenne, et s^2 la variance de la population échantillonnée. Cette expression dérive du fait que le coefficient m_0 , défini comme la somme de la moyenne m et de l'indice de David et Moore (s^2/m) - 1, caractéristique du degré d'agrégation, est linéairement dépendant de m et s'écrit :

$$m_0 = a + bm \quad (1)$$

CONSTRUCTION DES MODÈLES

Validité du coefficient d'agrégation

La construction d'un premier modèle a été entreprise à partir d'une série de populations d'*Earias insulana*. Une surface de 1 000 m² a été subdivisée en 200 quadrats de 5 mètres carrés. Le dépouillement par une équipe de 5 observateurs de la totalité des plants de cotonniers a permis de dénombrer, quadrat par quadrat, les chenilles présentes. L'analyse des données obtenues pour 22 populations a été conduite à l'aide d'un calculateur IBM 1130 (tableau 1).

La méthode des moindres carrés donne, pour la relation entre agrégation et moyenne, un coefficient de corrélation $r = 0,983$, et l'expression de la droite de régression est :

$$m_0 = 0,103 + 1,050 m \quad (2)$$

Ce résultat a été confronté avec celui obtenu à partir d'une série de 17 prises d'échantillons regroupant chacune 50 quadrats, répartis au hasard sur 500 hectares de culture. La dimension du quadrat reste fixée à 5 m². Il vient alors, avec un coefficient de corrélation de 0,905, l'expression :

$$m_0 = -0,099 + 1,079 m \quad (3)$$

Les expressions 2 et 3 sont voisines et expriment un faible degré d'agrégation des chenilles (b peu supérieur à 1), tandis que a est très proche de 0.

Si l'on considère maintenant 25 populations d'*H. armigera*, évaluées au cours de trois campagnes cotonnières successives, dans un plan d'échantillonnage identique au précédent, le coefficient de corrélation est de 0,857 et l'expression du coefficient d'agrégation devient :

$$m_0 = 0,510 + 1,224 m \quad (4)$$

* Entomologiste I.R.C.T., Station de Bébedjia, Tchad.

Tableau 1. — Calcul de la moyenne et de l'indice d'agrégation de KUNO d'après les population d'*Earias insulana*.

Modèle établi sur 200 quadrats couvrant 1 000 m² (pour une précision de 10 %).
Campagne 1971/1972.

m	s ²	m _c	k _i	N _i	N _i (Kuno)
1,170	1,4483	1,4078	4,92	106	93
1,245	1,4422	1,4033	7,86	93	93
1,225	1,5320	1,4756	4,89	102	95
1,965	1,2802	1,6165	—	—	—
2,005	3,5527	2,7769	(2,60)	(88)	60
2,090	2,9466	2,4998	5,10	67	58
2,190	2,0542	2,1279	—	—	—
2,840	2,9692	2,8854	62,43	37	44
2,865	4,4591	3,4214	5,15	54	44
3,060	3,4436	3,1853	24,41	37	41
3,150	3,6357	3,3041	20,43	37	39
3,610	3,6260	3,6144	—	—	—
3,850	4,0075	3,8909	94,11	27	34
3,905	7,2522	4,7621	4,56	47	33
3,915	5,5154	4,3237	9,58	36	33
4,315	5,1515	4,5088	22,26	28	31
4,375	6,7280	4,9128	8,13	35	30
4,465	5,8078	4,7657	14,85	29	30
4,625	5,8938	4,8993	16,86	28	29
5,200	7,2060	5,5857	13,48	27	26
5,195	7,6151	5,6608	11,15	28	26
5,960	8,7823	6,4335	12,59	25	23

$$m_c = a + bm$$

$$r = 0,9832$$

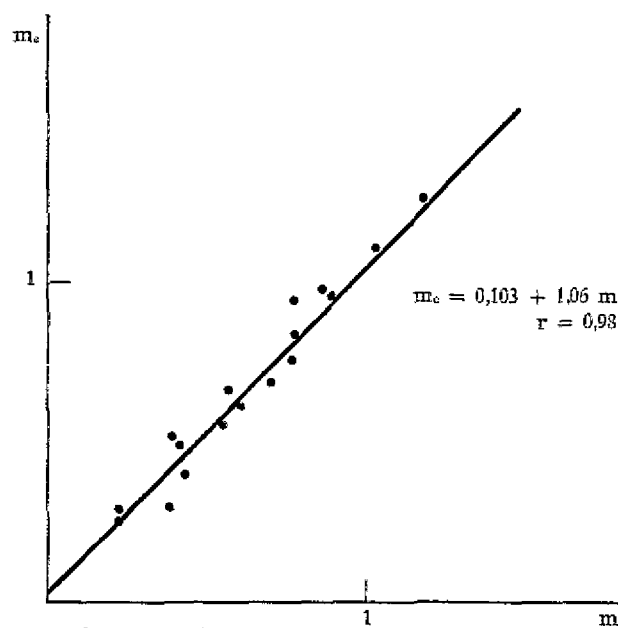
$$b = 1,0499$$

$$a = 0,1029$$

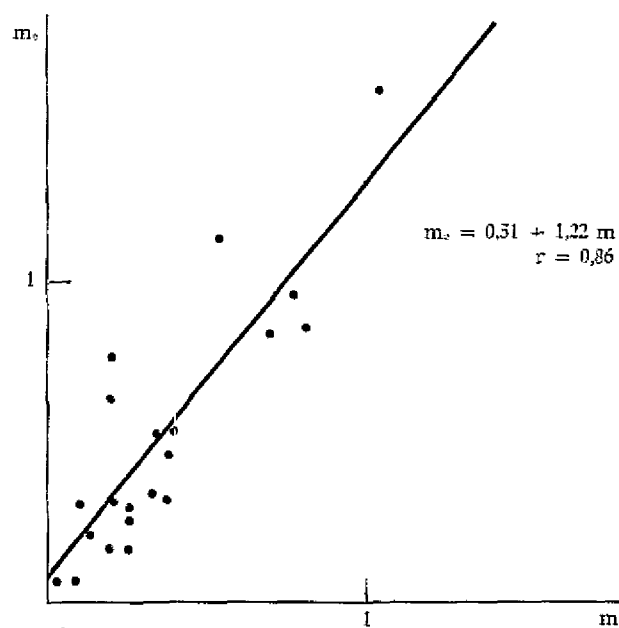
$$k_i = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}} \quad \bar{m} = 46,83 \quad \bar{m} = 44,83$$

$$N_i = \frac{1/m + 1/k}{d^2}$$

$$d = 0,1$$



Modèle établi sur 1 000 m² pour *E. insulana*
(intercampagne 1971).



Application à l'échantillonnage standardisé d'*H. armigera*
(campagnes 1972-1974).

Fig. 1. — Relation entre le coefficient d'agrégation de KUNO (m_c)
et le nombre de chenilles par échantillon.

Construction d'un plan séquentiel

Les degrés de corrélation entre moyenne et coefficient d'agrégation de KUNO, tirés d'un échantillonnage systématique, comme ceux obtenus en conditions usuelles d'échantillonnage, peuvent être considérés comme satisfaisants; ils sont du même ordre que ceux de l'ajustement entre moyenne et variance selon la loi de TAYLOR, où l'on a obtenu des valeurs respectives de 0,93 et 0,98 pour *Earias insulana*, et 0,77 pour *Heliothis armigera*.

On peut poursuivre par le tracé des courbes d'arrêt de prise d'échantillon (« stop-lines » de KUNO). Le tracé de ces courbes, qui donnent le nombre d'échantillons nécessaires et suffisants pour l'estimation de la moyenne avec une précision déterminée, traduit l'expression algébrique :

$$Z = \frac{a + 1}{d^2 \cdot \frac{b - 1}{n}}$$

avec Z = nombre cumulé de larves rencontrées,

$d_0 = \frac{s}{m}$ pour l'erreur admise,

b = supérieur à 1,

n = nombre d'échantillons.

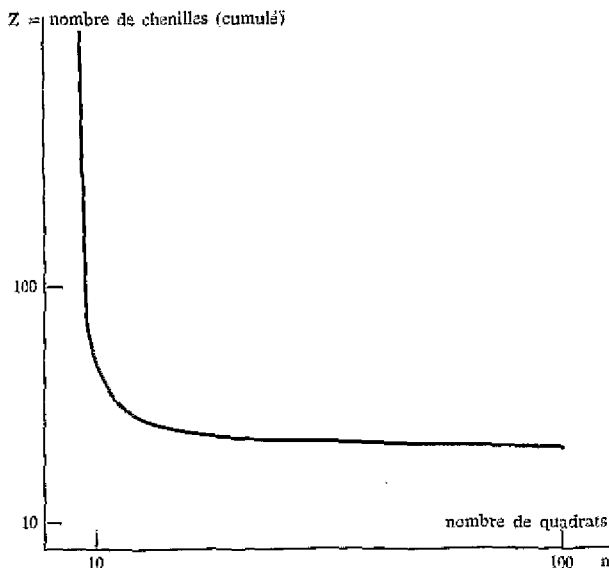


Fig. 2. — Exemple de décision d'arrêt d'échantillonnage. L'utilisation de ce graphe est relative à l'application des formules de KUNO à l'échantillonnage des populations d'*H. armigera* pour un seuil de précision de 20 %.

CONFRONTATION AUX MÉTHODES USUELLES

Modèle

Afin de juger de l'intérêt de la méthode séquentielle exposée précédemment, on se reporte au modèle construit pour *E. insulana*, à savoir 22 populations dans un carroyage de surface élémentaire 5 m².

L'effectif théorique d'un échantillon a été établi par la formule de ROJAS (SOUTHWOOD, 1966), applicable aux distributions binomiales négatives :

$$N_1 = \frac{1/k + 1/m}{d^2}$$

Le paramètre k est lui-même calculé à partir de la formule d'ANScombe (1949) :

$$k = m^2 / (s^2 - m)$$

La validité de l'estimation du paramètre est vérifiée dans chaque cas au seuil $p = 0,10$, d'après la méthode graphique d'ANScombe (SOUTHWOOD, 1966).

Au total, 13 populations ont pu être retenues, et la valeur de N_1 a été calculée pour $d = 0,1$.

La ligne d'arrêt (« stop-line » de KUNO), qui dérive de l'équation (2), a pour expression :

$$Z = \frac{1,1}{0,01 - \frac{0,5}{n}}$$

La valeur N_2 a été obtenue, graphiquement, en joignant à l'origine le point de coordonnées (n_1 , $Z_1 = n_1 \times m_1$), représentant l'abscisse du point d'intersection de cette droite avec la « ligne d'arrêt ». Les calculs sont exposés dans le tableau 1.

Echantillonnage en vraie grandeur

Une application pratique a été réalisée à partir des échantillonnages des populations d'*H. armigera*, réalisés de 1972 à 1974. Les valeurs des coefficients sont : $a = 0,5$ et $b = 1,2$.

Le nombre d'échantillons nécessaires et suffisants pour une précision de 20 % a été obtenu pour N_1 , après transformation « racine carrée des effectifs », par la formule : $4 s^2 / d^2 m^2$, tandis que N_2 était obtenu graphiquement à partir de n_1 et de m_1 .

Les calculs sont exposés sur le tableau 2.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les nombres d'échantillons correspondant à une précision déterminée, obtenus à partir de l'ajustement à la loi binomiale négative dans le cas du modèle établi pour *E. insulana*, s'ajustent de façon étroite à ceux du tracé de « stop-line » par la méthode de KUNO.

Tableau 2. — Détermination du nombre d'échantillons nécessaires et suffisants pour une précision de 20 % : application aux populations d'*H. armigera*.Echantillonnages conduits de 1972 à 1974 sur 50 quadrats répartis sur 500 ha (N_1 est obtenu après transformation racine carrée).

Années	m (transformée)	s ²	N_1	N_2 (Kuno)
1972	1,734	0,852	28	26
	1,645	0,756	28	26
	0,548	0,677	225	74
	1,241	0,311	20	36
	0,979	0,295	31	44
	0,741	0,380	69	56
	1,008	0,281	28	43
	0,304	0,313	338	125
	0,398	0,302	190	100
1973	0,631	0,594	149	65
	0,005	0,664	66	43
	1,774	0,789	25	26
	0,445	0,288	146	85
	0,883	0,524	67	48
	1,111	0,415	34	39
	1,877	0,614	17	25
	0,388	0,287	190	102
1974	1,702	2,302	79	27
	0,514	0,442	167	80
	1,202	0,339	69	39
	1,136	1,369	106	38
	0,112	0,119	952	340
	1,139	0,581	45	38
	0,747	0,549	98	55
	0,295	0,388	445	130

$\bar{m} = 144,5$ $\bar{m} = 68,4$
 $r = 0,97$

Lorsque l'on compare les effectifs obtenus par cette dernière aux effectifs théoriques obtenus après transformations « racine carrée » des résultats d'un échantillonnage conduit en grande culture à raison d'un quadrat de 5 m² pour 10 hectares, on constate que, malgré un ajustement étroit entre les deux séries de chiffres obtenus ($r = 0,97$), la méthode séquentielle aboutit à un nombre d'observations inférieur chez les populations les plus faibles et supérieur chez les populations de plus forte densité à ceux qui seraient nécessaires dans un plan d'échantillonnage de taille fixe.

On peut conclure que, dans la perspective d'une estimation de la densité des populations de chenilles de la capsule avec une précision déterminée, à partir d'un plan d'échantillonnage de quadrat élémentaire de 5 m², et à raison d'un quadrat pour 10 hectares, un échantillonnage de type séquentiel, établi d'après la méthode de KUNO, peut apporter une solution simple et efficace : d'une part, l'ajustement au modèle se trouve réalisé de façon étroite et, d'autre part, l'exécution comparée du séquentiel et d'un plan d'échantillonnage de taille fixe indique qu'une

précision égale ou supérieure est atteinte pour les densités de population de plus de 2 000 larves par hectare, par le mode séquentiel d'échantillonnage.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSCOMBE F.J., 1949. — The statistical analysis of insects counts based on the negative binomial distribution. *Biometrics*, 3, 165-173.
- TWAO S., 1968. — A new regression method for analysing the aggregation of animal population. *Res. Popul. Ecol.*, 10, 1-20 (res. en anglais).
- TWAO S. et E. KUNO, 1963. — Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size. *Res. Popul. Ecol.*, 10, 210-214 (res. en anglais).
- KUNO E., 1969. — A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. *Res. Popul. Ecol.*, 11, 127-136 (res. en anglais).

- SEKITA N. et M. YAMADA, 1973. — Applicability of a new sequential sampling method in field population surveys. *Applied Ent. Zool.*, 8, 1, 8-17.
- SOUTHWOOD T.R.E., 1966. — Ecological methods. *Methuen ed.*, 391 pp.
- VAISSAYRE M., 1974. — Éléments pour l'application d'un échantillonnage séquentiel. *Cot. Fib. trop.*, 29, 3, 367-370.

SUMMARY

The application of the sequential sampling procedure developed by KUNO (1969) to larval populations of Earias insulana and Heliothis armigera in cotton fields is examined. A close correlation between the

index of aggregation and the mean makes it possible to establish sequential programmes for determining population densities to a predetermined degree of accuracy.

RESUMEN

La aplicación del modo secuencial de muestreo desarrollada por KUNO (1969) es considerada en el caso de las poblaciones larvales de Earias insulana y Heliothis armigera en cultivo algodonero. Una correlación estrecha entre el índice de agregación y la media, permite la construcción de planes secuenciales para la determinación de la densidad de las poblaciones con un nivel de precisión pre-establecido.